(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

**UO‘K:** 662.7 10.70769/3030-3214.SRT.3.1.2025.32

# METALLURGIK PECHLARDAN CHIQADIGAN CHANGLARNI TUTISH USULLARI VA ULARNING SAMARADORLIGINI O‘RGANISH

***Murodullayeva Sabrina Otabek qizi***
*Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, O‘zbekiston*
*E-mail: sabrinamurodillayeva0204@gmail.com*
*ORCID ID: 0000-0002-0428-507X*

***Annotatsiya.*** *Metallurgik pechlardan chiqadigan changlarning atmosfera va ishchi muhitiga salbiy ta’sirini kamaytirish muhim ekologik va texnologik vazifalardan biridir. Ushbu maqolada metallurgik pechlardan chiqadigan changlarni tutish usullarining samaradorligi ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, zamonaviy texnologiyalar va innovatsion yondashuvlar yordamida chang ajratish tizimlarini takomillashtirish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Metallurgik pechlarda hosil bo‘ladigan changlar tarkibida og‘ir metallar, sulfidlar va boshqa zararli komponentlar bo‘lib, ular atrof-muhit va inson salomatligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli metallurgik pechlardan chiqadigan changlarni samarali usullar bilan tutish muhim texnologik va ekologik masalalardan biri hisoblanadi.*
***Kalit so‘zlar:*** *Metallurgik pechlar, chang ajratish, changni tutish usullari, ekologik muhofaza, filtratsiya, elektrostatik filtrlar, inertsial chang ajratish, sanoat chiqindilari, havo tozalash tizimlari, ekologik texnologiyalar.*

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УЛАВЛИВАНИЯ ПЫЛИ ИЗ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

***Мурodуллаева Сабрина Отабек кизи***
*Навоийский государственный горно-технологический университет, Навои, Узбекистан*

***Аннотация.*** *Снижение негативного воздействия пыли, выбрасываемой из металлургических печей, на атмосферу и производственную среду является одной из важных экологических и технологических задач. В данной статье рассматривается эффективность методов улавливания пыли из металлургических печей. Также анализируются возможности совершенствования систем пылеулавливания с использованием современных технологий и инновационных подходов. Пыль, образующаяся в металлургических печах, содержит тяжелые металлы, сульфиды и другие вредные компоненты, которые могут оказывать негативное влияние на окружающую среду и здоровье человека. Поэтому эффективное улавливание пыли, выходящей из металлургических печей, считается одной из важных технологических и экологических проблем.*
***Ключевые слова:*** *Металлургические печи, пылеулавливание, методы улавливания пыли, экологическая защита, фильтрация, электростатические фильтры, инерционное пылеулавливание, промышленные отходы, системы очистки воздуха, экологические технологии.*

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

# STUDYING METHODS OF CAPTURING DUST FROM METALLURGICAL FURNACES AND THEIR EFFECTIVENESS

***Murodullaeva Sabrina Otabek kizi***
*Navoi State University of Mining and Technology, Navoi, Uzbekistan*

***Abstract.*** *Reducing the negative impact of dust emissions from metallurgical furnaces on the atmosphere and working environment is one of the crucial environmental and technological challenges. This article examines the effectiveness of dust capture methods from metallurgical furnaces. Additionally, it analyzes the possibilities of improving dust separation systems using modern technologies and innovative approaches. Dust generated in metallurgical furnaces contains heavy metals, sulfides, and other harmful components that can adversely affect the environment and human health. Therefore, the efficient capture of dust from metallurgical furnaces is considered one of the significant technological and environmental issues.*
***Keywords:*** *Metallurgical furnaces, dust separation, dust capture methods, environmental protection, filtration, electrostatic filters, inertial dust separation, industrial waste, air purification systems, environmental technologies.*

**Kirish.** Metallurgiya sohasi zamonaviy sanoatning ajralmas qismi bo‘lib, unda turli metallarni ajratib olish va qayta ishlash jarayonlari amalga oshiriladi. Ushbu jarayonlar natijasida muhim metall va qotishma mahsulotlari olinishi bilan bir qatorda, atmosferaga turli gazsimon, suyuq va qattiq chiqindilar hosil bo‘ladi. Ayniqsa, metallurgik pechlardan chiqqan chang sanoat chiqindilari orasida alohida ahamiyat kasb etadi [1].

Mis eritish zavodlarida texnologik jarayonlar davomida ajralib chiqadigan changlar tarkibida mis, qo‘rg‘oshin, rux kabi rangli metallar bo‘lishi mumkin. Ushbu changlarning atrof-muhitga tarqalishi ekologik muammolarni keltirib chiqarib, inson salomatligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shuningdek, chang tarkibidagi qimmatbaho komponentlarni yo‘qotish iqtisodiy nuqtayi nazardan ham zararli hisoblanadi. Shu sababli, metallurgik changlarni samarali usullar yordamida tutish va qayta ishlash bugungi kunning dolzarb masalalaridan biridir.

Mis eritish zavodlarida pechlardan chiqqan changlarni tutishning bir nechta asosiy usullari mavjud bo‘lib, ularga mexanik, elektrostatik va ho‘l chang tutish texnologiyalarini misol keltirish mumkin. Har bir usul o‘ziga xos samaradorlik darajasiga ega bo‘lib, ularning to‘g‘ri tanlanishi ishlab chiqarish jarayonining ekologik va iqtisodiy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi [2,3].

Ushbu tadqiqotning maqsadi metallurgik pechlardan chiqadigan changlarni tutish usullarini chuqur o‘rganish, ularning samaradorligini tahlil qilish hamda mis eritish zavodlari uchun eng maqbul texnologik yechimlarni taklif qilishdan iborat. Tadqiqot davomida chang tarkibini, uning chiqish manbalarini va atrof-muhitga ta’sirini o‘rganish bilan birga, zamonaviy chang tutish texnologiyalarining afzalliklari va kamchiliklari ham tahlil qilinadi. Shuningdek, mavjud muammolarni bartaraf etish yo‘llari taklif etilib, metallurgiya sanoati korxonalarida ekologik xavfsizlikni ta’minlashga qaratilgan chora-tadbirlar ishlab chiqiladi.

Shunday qilib, metallurgik changlarni tutish va ularning samaradorligini oshirish yo‘llarini tadqiq qilish nafaqat atrof-muhitni muhofaza qilish, balki iqtisodiy jihatdan ham katta ahamiyatga ega bo‘lib, sanoat korxonalarining samarali ishlashiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi [4].

**Adabiyotlar tahlili va metodlar.** Ko‘pgina metallurgik agregatlaridan ajralib chiqadigan gazlar uchun toksik bo‘lmagan changni 100 mg/m$^3$ gacha tozalash zarur hisoblanadi, bu darajada changning rangi deyarli sezilmaydi. Ba’zi zararli moddalar uchun insonlar bo‘ladigan hududdagi taxminiy maksimal ruxsat etilgan konsentratsiya (mg/m$^3$) qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan [5].

Gazlar bilan chiquvchi qattiq zarrachalar (chang) dan tozalash va zararli gazsimon moddalarni kimyoviy tozalash usullari bilan ushlab qolish farqlanadi. Hozirgi vaqtda atmosferaga chiqariladigan gazlarni zararli gazsimon moddalaridan

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

tozalashning ko‘plab usullari mavjud. Chunki gaz va changlar tarkibida bir qator qimmatbaho moddalarni ushlab qolish zarurati mavjud.

1-jadval

***Atmosferadagi zararli moddalar uchun ruxsat etilgan maksimal konsentratsiyalar (mg/m³)***

| Modda nomi | Maksimal bir martalik konsentratsiya (mg/m³) | O‘rtacha sutkalik konsentratsiya (mg/m³) |
|---|---|---|
| Toksik bo‘lmagan chang | 0,5 | 0,15 |
| Uglerod oksidi (CO) | 6,0 | 1,0 |
| Azot oksidlari ($NO_x$) | 0,085 | 0,085 |
| Oltingugurt dioksid ($SO_2$) | 0,5 | 0,15 |
| Oltingugurt vodorodi ($H_2S$) | 0,008 | 0,008 |
| Fenol ($C_6H_5OH$) | 0,01 | 0,01 |

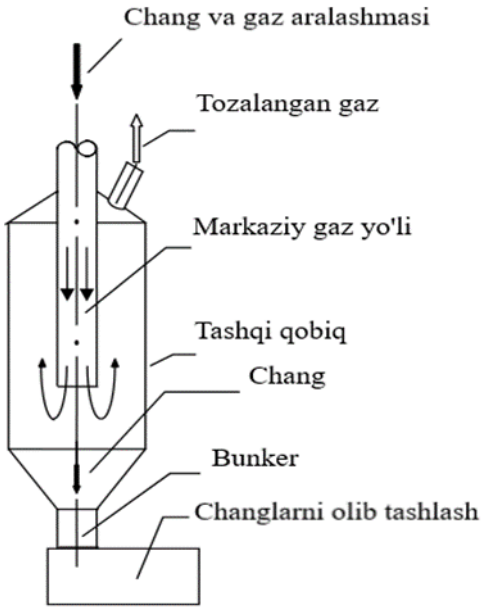
Metallurgik zavodlarda, asosan, gazlarni changdan mexanik tozalash amalga oshiriladi. Qo‘llaniladigan tozalash usullari ishlash tamoyiliga ko‘ra quruq va ho‘l usullarga bo‘linadi. Ho‘l chang ushlagichlari changni ushlash bilan birga gazlarni qisman oltingugurt dioksididan ($SO_2$) tozalashga imkon beradi. Biroq, bu chang ushlagichlar katta miqdorda suv iste’mol qiladi, keyinchalik esa bu suvni ham tozalash zarur bo‘ladi. Hozirgi kunda metallurgik korxonalarda bir qator chang ushlagichlardan foydalaniladi.

Quruq mexanik usulda gaz tozalash apparatlari. Bu apparatlar chang ushlagichlar va filtrlarga bo‘linadi. Chang ushlagichlar esa o‘z navbatida gravitatsion va gaz ushlab qolish uskunalariga bo‘linadi.

Gravitatsion chang ushlagichlar. Bu uskunalar turli xil konstruksiyadagi chang kameralariga ega bo‘lib, ularda chang asosan og‘irlik kuchi ta’sirida cho‘kadi. Gravitatsiya kuchi gaz oqimidan changni ajratish jarayoniga ta’siri minimal hisoblanadi (1-rasm) [6].

Markaziy gaz kanali orqali chang va gaz aralashmasi kiritiladi, chang ushlagich korpusi yordamida harakat tezligini pasaytiradi va yo‘nalishini 180° ga o‘zgartiradi. Gaz tarkibidagi chang og‘irlik kuchi va inertsiya ta’sirida bunkerga cho‘kadi, tozalangan gaz esa chiqariladi. Gravitatsion chang ushlagichlar 100 mkm dan katta bo‘lgan chang zarralarini ushlashda samarali bo‘lib, ya’ni yetarlicha yirik zarrachalarni ushlaydi. Gravitatsion chang ushlagichalar gazni taxminan 60% gacha changdan tozalanishini ta’minlaydi.

Inertsiyaviy (markazdan qochma) chang ushlagichlarda chang zarralariga gaz oqimining burilishi yoki aylanishi natijasida hosil bo‘ladigan inertsiya kuchi ta’sir qiladi. Ushbu kuch gravitatsion kuchdan ancha katta bo‘lgani uchun, bunday usul yordamida gravitatsion tozalashga qaraganda maydaroq zarralar ham gaz oqimidan ajratib olinadi. Bunday chang ushlagichlarga misol sifatida siklonni keltirish mumkin (2-rasm) [7].



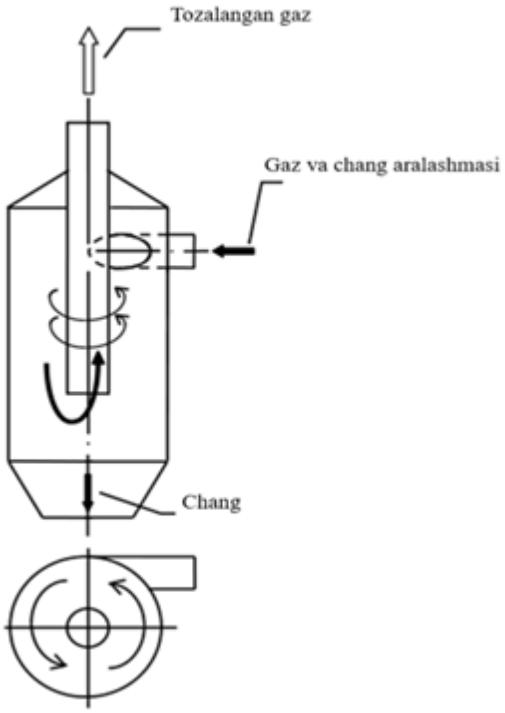

***1-rasm. Radiatsion chang ushlagich sxemasi.***

Siklon ichida 20 mkm dan katta bo‘lgan chang zarrachalari gaz oqimidan ajratiladi. Changlangan gaz oqimi siklon korpusining yuqori qismiga, korpusga nisbatan tangensial joylashgan quvur orqali kiritiladi. Natijada oqim aylanish harakatini hosil qiladi, inertsiya kuchi ta’sirida chang zarrachalari siklon devorlariga yopishadi va og‘irlik kuchi ta’sirida bunkerga tushadi, tozalangan gaz esa siklondan chiqariladi. Ushbu usul yordamida changning 95% gacha ushlanadi.

Filtrlar - gazni yuqori darajada tozalashni ta’minlovchi qurilmalardir (changning 99% gacha ushlanadi). Filtrlovchi element turiga qarab, ular quyidagi turlarga bo‘linadi: tolali, matoli, donador, metallokermika va keramik filtrlovchi elementli filtrlar.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

Tipik misol sifatida matoli filtrlovchi elementga ega filtrlarni keltirish mumkin. Bunday filtrlar tabiiy va sintetik matolardan yoki 600 ºC gacha haroratga bardosh bera oladigan metall-matodan tayyorlanadi (3-rasm) [8]. Changlangan gaz filtr matosi orqali o‘tadi, natijada chang zarrachalari mato yuzasida qoladi, tozalangan gaz esa filtrdan chiqariladi.

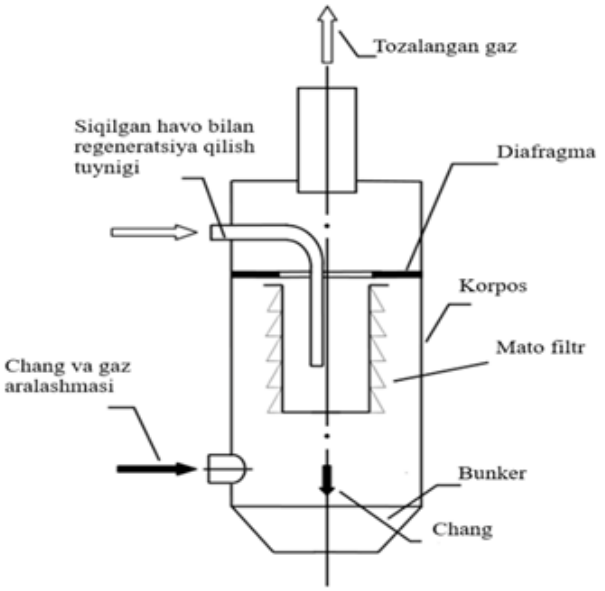



***2-rasm. Siklon (markazdan qochma kuch ta’sirida) chang ushlagich sxemasi.***

Chang mato yuzasida to‘planib, asta-sekin bunkerdagi cho‘kma sifatida yig‘iladi. Mato qarshiligi sezilarli darajada oshganda, filtrni qayta tiklash (regeneratsiya qilish) siqilgan havo yordamida teskari puflash yo‘li bilan amalga oshiriladi. Shu jarayonda mato g‘ilofi changdan tozalanadi.

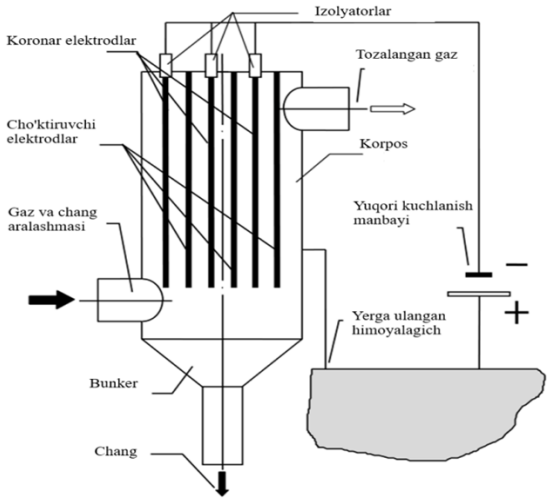
Elektrofiltrlar - gazni yuqori darajada tozalash uchun mo‘ljallangan qurilmalar bo‘lib, ular changning 98% gacha ushlanishini ta’minlaydi. Ularning ishlash prinsipi zaryadlangan zarrachalarning o‘zaro va metall elektrodlar bilan kuchli ta’siriga asoslangan. Ma’lumki, bir xil zaryadlangan zarrachalar bir-birini itaradi, turli zaryadlangan zarrachalar esa o‘zaro tortishadi.

Elektrofiltrda chang zarrachalari elektr maydoniga tushganda zaryadlanadi va so‘ngra cho‘ktirgich elektrodlar bilan o‘zaro ta’sirga kirishib, ularga tortiladi, cho‘kadi va o‘z zaryadini yo‘qotadi.




***3-rasm. Matoli filtr chang ushlagich sxemasi.***

Misol tariqasida trubkali elektrofiltrning ishlashini ko‘rib chiqamiz (4-rasm) [9].




***4-rasm. Elektrofiltr chang ushlagich sxemasi.***

Filtr korpus va elektrodlar tizimidan iborat. Filtr korpusi yerga ulangan bo‘ladi. Elektrodlar metall plastinalardan tashkil topgan bo‘lib, ularning bir qismi (cho‘ktirgich elektrodlar) korpusga ulangan, ikkinchi qismi esa (koronar elektrodlar) izolyatsiyalangan. Izolyatsiyalangan va korpusga ulangan elektrodlar ketma-ket joylashgan.

Bu elektrodlar orasida doimiy yuqori kuchlanish manbai yordamida 25-100 kV gacha bo‘lgan potensial farq yaratiladi. Potensial farqning qiymati elektrodlarning geometriyasiga bog‘liq bo‘lib, ular orasidagi masofa oshgan sari bu farq ham ortadi.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

Chunki elektrofiltr faqat elektrodlar orasida ion razryadi mavjud bo‘lsa ishlaydi.

Gaz elektrodlar orasidan o‘tganida ionlanadi. Chang zarrachalari ionlar bilan ta’sirlashib, manfiy zaryad hosil qiladi va musbat qutbli cho‘ktirgich elektrodlariga tortiladi. Elektrodlar yuzasiga cho‘kkan chang zarrachalari zaryadini yo‘qotib, qisman bunkerga tushadi. Filtrni vibratsiya yoki yuvish orqali muntazam tozalash talab etiladi, bunda filtr vaqtincha o‘chiriladi.

Rangli metall eritish pechi gazida ishlaganda, filtr har 10 soatda bir marta 15 daqiqa davomida yuviladi. Tozalanayotgan gazning maksimal harorati 300°C dan oshmasligi kerak, ish harorati esa 250°C gacha bo‘lishi mumkin. Elektrodlarning balandligi 12 metrgacha yetadi.

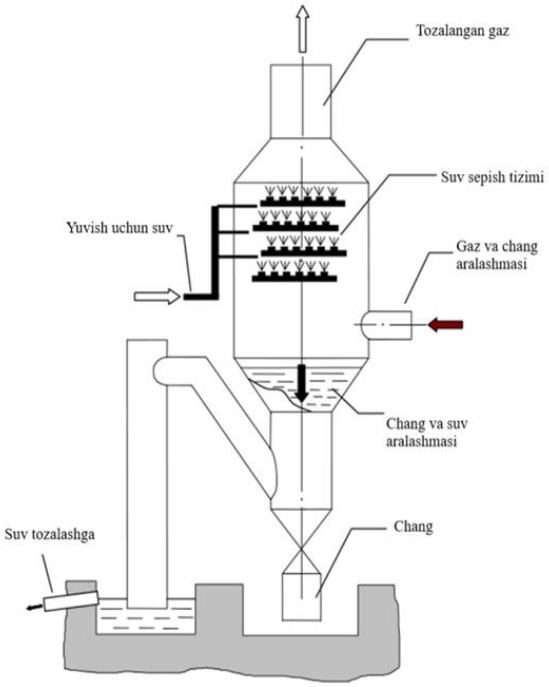
Elektrofiltr 0,1 mkm gacha bo‘lgan mayda chang zarrachalarini gaz oqimidan ajratib olish imkoniyatiga ega.

Gazlarni ho‘l usulda tozalash. Nam tozalash apparatlarida changlangan gaz suv bilan yuviladi, bu esa changning katta qismini ajratishga imkon beradi.

Metallurgiyada eng keng qo‘llaniladigan qurilmalar - turli konstruksiyadagi skrubberlar (5-rasm) va turbulent gaz yuvgichlar (6-rasm) hisoblanadi [9].

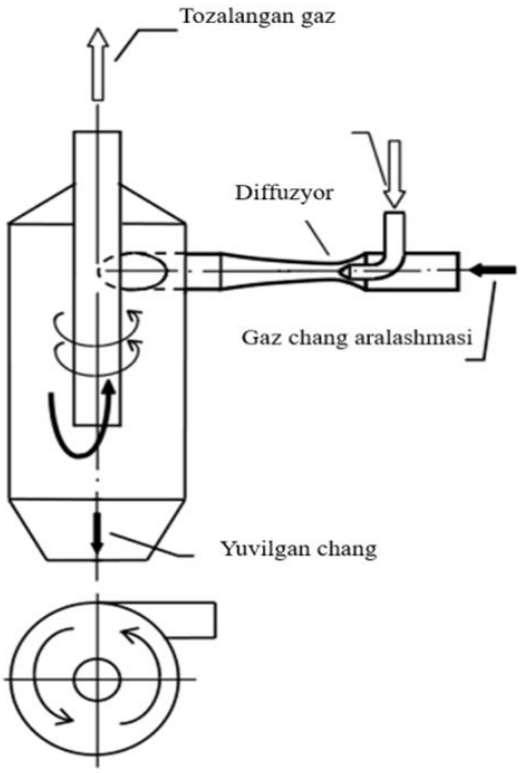
Skrubberlar - bu changlangan gaz oqimi, oquvchi suvga qarshi yuqoriga harakatlanishi orqali ishlovchi qurilmalardir. Korroziyadan himoya qilish maqsadida skrubberning ichki yuzasi keramik plitkalar bilan qoplanadi. Skrubber ichidagi gazning maksimal harorati 300°C ni tashkil etadi. Skrubber o‘lchamlari: diametri - 6-8 m, balandligi - 20-30 m. Suv sarfi - 1-2 kg/m³ gaz. Skrubberlarda changni o‘rtacha miqdorda tozalash jarayoni amalga oshiriladi (changning 80% gacha ushlanadi).

Tezkor gaz yuvish moslamasi - changni yuqori miqdorda tozalash bo‘yicha samarali qurilma bo‘lib (changning 98% gacha ushlanadi), mustaqil ravishda ham, elektrofiltrdan oldin gazni tayyorlash uchun ham qo‘llaniladi. U purkagich trubasi va tomchi ushlovchi siklondan iborat. Chang zarrachalarining 0,1 mkm gacha bo‘lgan qismlarini ushlaydi. Gaz bo‘yicha unumdorligi 40000 m³/soat va undan yuqori. Oquvchi suvning o‘rtacha sarfi 0,15-0,5 kg/m³ gaz. Purkagich trubasining toraygan qismida gazning tezligi 40-150 m/s ni tashkil etadi.




***5-rasm. skrubber chang ushlagich sxemasi.***

Tezkor gaz yuvish moslamasining ishlash prinsipi siklonda chang zarrachalarini ushlashga asoslangan bo‘lib, ular namlantiruvchi suv bilan og‘irlashadi. Chang zarrachalarining namlanishi purkagich trubasida amalga oshiriladi.




***6-rasm. Tezkor gaz yuvish moslamasi sxemasi.***

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

**Natijalar.** O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida mis eritish pechlaridan ajralib chiqadigan changlar miqdori o‘rganildi.

KMEP dan olingan natijalarga ko‘ra, muallaq eritish jarayonida misning chang bilan yo‘qotilishi 0,8-1,0% oralig‘ida bo‘lib, hisob-kitoblarda u 1,0% deb olinadi. Shu bilan birga, boshqa elementlarning chang tarkibiga o‘tishi ham taxminan 1% miqdorida qabul qilinadi. Chiqayotgan gazlar bilan ajralib ketayotgan changning optimal tarkibi 2-jadvalda keltirilgan bo‘lib, u quruq tarkibga to‘g‘ri keladi [10].

Jarayonga yuboriladigan boyitmaning tarkibi eritishgacha bo‘lgan holatdagi foiz nisbatlariga mos keladi. Har bir komponent miqdoridan uning chang bilan yo‘qotilgan qismi chiqarib tashlanib, jarayonda qatnashuvchi tarkib va miqdor aniqlanadi.

Ajralib chiqayotgan chang tarkibida asosan sulfatlar mavjud bo‘lib, ular aylanuvchi xom-ashyo sifatida jarayonning ajralmas qismi hisoblanadi. Ushbu sulfatlar jarayon haroratini pasaytirishga yordam beradi.

Chang miqdori nisbatan kam bo‘lgani uchun u orqali yo‘qotiladigan issiqlik miqdori boshqa mahsulotlar bilan chiqayotgan issiqlikka qaraganda ancha past. Shu sababli, turli komponentlar bo‘yicha changning o‘rtacha issiqlik sig‘imini alohida hisoblashga ehtiyoj yo‘q.

Hozirgi vaqtda barcha rux zavodlarida ruxli kek quvursimon aylanma pechlarda qayta ishlanmoqda, bu esa klinker hosil bo‘lishining ko‘payishiga sabab bo‘lmoqda. Rux zavodi klinkerlari mis eritish zavodlari uchun muhim xomashyo bo‘lib qolmoqda. Uning tarkibida o‘rtacha 4-5% mis, shuningdek, ba’zi hollarda 1-3 g/t miqdorida kumush va oltin mavjudligi iqtisodiy jihatdan foydalidir. Aynan Olmaliq mis eritish zavodida 1985-yildan boshlangan ilmiy tadqiqotlar natijasida bugungi kunda klinkersiz hech bir eritish pechi ishlamaydi. Shu sababli, Vanyukov pechi jarayonida materiallar muvozanatini hisoblashda klinker tarkibini optimal darajada belgilashga alohida e’tibor qaratiladi [11].

Klinkerning optimal tarkibini aniqlash uchun qabul qilingan xomashyoning kimyoviy tarkibi quyidagicha: 4,3% Cu, 1,7% Zn, 0,8% Pb, 27,5% Fe, 4,7% S, 27% C, 4,7% $Al_2O_3$, 5,3% CaO, 17,5% $SiO_2$, 6,5% boshqa komponentlar.

Olmaliq mis eritish zavodi sharoitida chang yo‘qotish darajasi 1% deb qabul qilinadi. Klinker tarkibidagi barcha komponentlarning yo‘qotilishi dastlabki tarkibga mutanosib bo‘lib, 30% uglerod oksidlanib $CO_2$ holatiga o‘tadi, 80% yirik chang qayta ishlanadi, 20% esa jarayonga qaytarilmay chiqindi sifatida ajralib chiqadi.

Yirik chang tarkibining kimyoviy tarkibi (kg hisobida): Cu - 0,043; Zn - 0,017; Pb - 0,008; Fe - 0,275; S - 0,047; $O_2$ - 0,021; C - 0,270; $SiO_2$ - 0,175; $Al_2O_3$ - 0,047; CaO - 0,053; boshqa komponentlar - 0,065.

Yirik chang tarkibidagi minerallar ratsional nisbatda quyidagicha taqsimlanadi (kg hisobida): $Cu_2S$ - 0,054; ZnS - 0,018; ZnO - 0,06; Fe - 0,165; FeS - 0,065; FeO - 0,088; $SiO_3$ - 0,175; $Al_2O_3$ - 0,047; CaO - 0,053; C - 0,270; Pb - 0,003; PbS - 0,006; boshqa komponentlar - 0,050. Barcha minerallarning umumiy yig‘indisi 1 kg ga teng.

2-jadval

***KMEPda 100 kg boyitmani qayta ishlashda hosil bo‘lgan changning ratsional tarkibi, kg***

| Birikmalar | Miqdor | Cu | Fe | S | $O_2$ | $SiO_2$ | CaO | Boshqalar |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $CuFeS_2$ | 0,49 | 0,171 | 0,150304 | 0,172561 | | | | |
| CuS | 0,28 | 0,019 | | 0,009561 | | | | |
| $FeS_2$ | 0,27 | | 0,12617 | 0,144853 | | | | |
| $Fe_2O_3$ | 0,08 | | 0,03926 | | 0,014579 | | | |
| $SiO_2$ | 0,04 | | | | | 0,049 | | |
| CaO | 0,005 | | | | | | 0,0058 | |
| Boshqalar | 0,10 | | | | | | | 0,1032221 |
| Jami | 1,1 | 0,19 | 0,3104 | 0,327 | 0,014579 | 0,049 | 0,0058 | |

Qaytar changning tarkibi (kg hisobida): Cu - 0,0344; Zn - 0,0136; Fe - 0,22; $SiO_2$ - 0,14; $Al_2O_3$ - 0,0376; CaO - 0,0424; C - 0,151; Pb - 0,0064; $O_2$ - 0,0168; boshqa komponentlar - 0,04. Umumiy massa 0,7352 kg ni tashkil etadi.

Mis eritish jarayonida ishlatiladigan shixta asosan dastlabki boyitmadan va qaytar changdan iborat bo‘ladi. Pechga kiritiladigan shixta tarkibi amaliy jihatdan klinkerning optimal tarkibiga mos keladi. Shu bilan birga, Vanyukov pechi jarayonida

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

umumiy changning 20% yo‘qotish sifatida hisoblanadi.

Yallig‘ qaytaruvchi eritish pechida chang yo‘qotish darajasi 1-1,5% ni tashkil etadi. Olingan natijalarga ko‘ra, ushbu pechlarning amaliy tajribasida misning changga o‘tish darajasi 0,85-0,6% atrofida bo‘lib, hisob-kitoblar uchun u 0,5% deb olinadi.

3-jadvalda chiqib ketuvchi gazlar bilan ajralayotgan changning optimal tarkibi keltirilgan. Changning foizlik tarkibi quruq aralash boyitma tarkibiga to‘g‘ri keladi.

Har bir komponent bo‘yicha boyitmaning dastlabki miqdoridan changga o‘tib ketgan qismi chiqarib tashlanadi va shu asosda jarayonda qatnashuvchi boyitmaning yakuniy tarkibi va miqdori aniqlanadi.

yuvib tushirishga asoslangan bo‘lib, gaz tarkibidagi namlik miqdoriga ta’sir qilishi mumkin.

Changni tutish tizimlarining samaradorligi 99% gacha yetishi mumkin, biroq texnologik va iqtisodiy omillar tufayli optimal usulni tanlash muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa, Vanyukov va yallig‘ qaytaruvchi eritish pechlarida chang yo‘qotish darajasi past bo‘lishi uchun elektrofiltrlar va ho‘l chang ushlagichlarning kombinatsiyasi ishlatiladi. Shu bilan birga, changning qayta ishlanishi va metallarning qaytarilishi umumiy jarayonning samaradorligini oshiradi.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy chang ushlash texnologiyalarini takomillashtirish metallurgik ishlab chiqarishning ekologik xavfsizligini oshirish, havoga chiqadigan zararli moddalar miqdorini kamaytirish va iqtisodiy jihatdan

3-jadval

***YQEPda 100 kg boyitmani qayta ishlashda hosil bo‘lgan changning ratsional tarkibi, kg***

| Birikmalar | Miqdor | Cu | Fe | S | $O_2$ | $SiO_2$ | CaO | Boshqalar |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $CuFeS_2$ | 0,24 | 0,0855 | 0,0751 | 0,863 | | | | |
| CuS | 0,01 | 0,0095 | | 0,0048 | | | | |
| $FeS_2$ | 0,13 | | 0,0631 | 0,0724 | | | | |
| $Fe_2O_3$ | 0,02 | | 0,0169 | | 0,007 | | | |
| $SiO_2$ | 0,02 | | | | | 0,0245 | | |
| CaO | 0,002 | | | | | | 0,0029 | |
| Boshqalar | 0,51 | | | | | | | 0,0516 |
| Jami | 0,93 | 0,19 | 0,3104 | 0,327 | 0,014579 | 0,049 | 0,0058 | |

**Muhokama.** Metallurgik pechlardan ajralib chiqadigan changlarning tutib qolish usullari sanoat jarayonlarining ekologik xavfsizligini ta’minlash va xom-ashyo yo‘qotilishini kamaytirish uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Changni tutish usullarining samaradorligi turli omillarga bog‘liq bo‘lib, ularga changning fizik-kimyoviy xususiyatlari, gaz oqimining harorati, bosimi va texnologik sharoitlar kiradi [12].

Hozirgi kunda metallurgiya sanoatida changni tutish uchun mexanik, elektrostatik va ho‘l usullar keng qo‘llanilmoqda. Mexanik usullar (siklonlar va inertsiya separatorlari) yirik zarrachalarni samarali ajratib olish imkonini bersa-da, mayda va engil changlarni to‘liq ushlay olmaydi. Elektrostatik filtrlar elektr maydonidan foydalangan holda juda mayda chang zarrachalarini ham samarali tutib qoladi, ammo ularning ishlashi uchun yuqori energiya talab etiladi. Ho‘l chang tutish usullari esa suv yoki boshqa suyuqliklardan foydalanib changlarni samarali xom-ashyo yo‘qotishlarini minimallashtirishga yordam beradi. Kelgusida innovatsion usullar, jumladan, nanofiltrlar va plazmali chang ushlagichlar metallurgik changni tutish samaradorligini yanada oshirishga xizmat qilishi mumkin.

**Xulosa.** Metallurgik pechlardan chiqadigan changlarni tutish va ularning samaradorligini oshirish bugungi kunda ekologik va iqtisodiy jihatdan muhim masalalardan biridir. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, chang ushlash tizimlarining samaradorligi texnologik jarayonning xususiyatlariga, chang zarrachalarining hajmi va tarkibiga hamda qo‘llanilayotgan usulga bog‘liq.

Mexanik, elektrostatik va ho‘l chang ushlash usullari sanoatda keng qo‘llanilib, ularning har biri o‘ziga xos afzallik va kamchiliklarga ega. Elektrostatik filtrlar va ho‘l chang ushlash usullari mayda zarrachalarni samarali ushlab qolsa-da, ulardan foydalanish energiya sarfi va texnologik talablar bilan bog‘liq. Shu bilan birga, changlarni qayta ishlash orqali metallarning ikkilamchi foy-

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

dalanishi ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va xom-ashyo yo‘qotilishini kamaytirishga yordam beradi.

Metallurgik changni tutish texnologiyalarining takomillashtirilishi ekologik zararlarni kamaytirish, ishlab chiqarish jarayonlarini yanada samarali qilish va metallurgiya sanoatining barqaror rivojlanishiga xizmat qiladi. Kelgusida nanotexnologiyalar, plazmali chang ushlagichlar va ilg‘or filtr tizimlari orqali metallurgik changni ushlash samaradorligini oshirish imkoniyatlari mavjud. Shu sababli, yangi innovatsion yechimlarni ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish metallurgik ishlab chiqarishning ekologik xavfsizligi va iqtisodiy samaradorligini oshirish uchun muhim yo‘nalish bo‘lib qoladi.

Xulosa qilib aytganda, 10-20 mkm dan katta chang zarrachalari ko‘pgina gaz tozalash uskunalarida samarali ushlanadi. 1 mkm dan kichik zarrachalarni tozalash uchun faqat yuqori darajada tozalash moslamalari: g‘ovakli filtrlar, elektrofiltrlar va tezkor gaz yuvish moslamalari mos keladi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Циркун О.Ф., Щёлоков Я.М., Бекгурин В.Г. Некоторые физико-химические свойства пылей предприятий цветной металлургии. Цветные. металлы. 1980. №2. С.27.
2. Ванкжов А.В., Уткин Н.И. Комплексная переработка медного и никелевого сырья. Челябинск: Металлургия. 1988.
3. Патент 184266 Польша, МКИ С22В 7/02. Способ переработки окисленных пылей медеплавильных заводов. 1980.
4. Антипов Н.И., Маслов В.И., Литвинов В.П. Комбинированная схема переработки тонких конвертерных пылей медеплавильного производства. Цветные металлы. 1983. №12. С.12.
5. Преснецов В.Д., Пономарев В.Д., Панфилов П.Ф., Шумаков В.В. Переработка пылей отражательных печей Карсакпайского медеплавильного завода. Цветные металлы. 1964. №10. С.26-29.
6. Патент 70803 Польша, МКИ С22В 7/02. Способ переработки свинецсодерж пылей, полученных при выплавке меди из шахтных печах. 1974.
7. Патент 6395060 США, МПК7 С 22 В 7/02. Способ переработки печных пылей. Furnace flue dust processing method.
8. Арешина Н.С., Мальц И.Э., Красиков А.Г., Нерадовский Ю.Н. Переработка тонких пылей отражательной плавки медного концентрата ОАО «Кольская ГМК». Цветная металлургия. 2007. №2. С.8-15.
9. Aripov A.R., Sayfullayev F.I., Qurbonov M.N., Majidova I.I. O‘zbekistonda kon-metallurgiya sanoatining shakllanish va rivojlanish tarixi. Sanoatda raqamli texnologiyalar ISSN: 3030-3214, Volume 2, № 3:2024.
10. Aripov A.R., Sayfullayev F.I., Qurbonov M.N., Majidova I.I. O‘zbekistonda kon-metallurgiya sanoatining shakllanish va rivojlanish tarixi. Sanoatda raqamli texnologiyalar ISSN: 3030-3214, Volume 2, № 3:2024.
11. Sirojov T.T., Sayfullayev F.I., Qurbonov M.N., Yuldosheva Sh.J. Oltin va mis tarkibli rudalarni kompleks qayta ishlash texnologiyasini tadqiq qilish. Sanoatda raqamli texnologiyalar. ISSN: 3030-3214 Volume 2, № 4 2024.
12. Aripov A.R., Fuzaylov O.U., Sayfullaev F.I., Qurbonov M.N. Murakkab oltin tarkibli ruda va konsentratlarning maydalanish va sianlanish qobiliyatini yaxshilash uchun mikroto‘lqinli energiyadan foydalanish. Sanoatda raqamli texnologiyalar ilmiy-texnik jurnali December № 2. Qarshi-2023.